



ARTÍCULO ORIGINAL

SISTEMA DE RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE PATRONES DIGITALIZADOS PARA PROCESOS DE CALIFICACIÓN

OPTICAL PATTERN RECOGNITION SYSTEM DIGITALIZED FOR GRADING PROCESSES

Fredy Heric Villasante Saravia^{1*}

^{1*}Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Facultad de Ingeniería Estadística e Informática Av. Sesquicentenario N.º 1150.

RESUMEN

Las implicancias que tiene un proceso de calificación, como exámenes o consultas, pasa por la veracidad de los resultados. Por ello, surge el problema de crear un sistema basado en algoritmos clave para el proceso de reconocimiento óptico de patrones. A ello se suma la dependencia tecnológica existente como las fichas con impresión digital y lectoras ópticas. Estos son motivos más que suficientes para proponer algoritmos eficientes y confiables que permitan no solo realizar el proceso de reconocimiento, sino que también dejar la posibilidad de usar lo digitalizado para publicar la tarjeta con los resultados obtenidos. Basado en la metodología cuantitativa de diseño experimental, se recurrió a técnicas sencillas, como la determinación del ángulo entre dos puntos para el proceso de encuadre de la tarjeta. Luego, la aplicación e implementación del algoritmo de la escala cromática de Munshell hasta la adaptación de la técnica del Buen Vecino para el proceso de reconocimiento óptico de patrones, basado en la metodología de reconocimiento de imágenes por recomendación de MathWork® con el apoyo de la herramienta de desarrollo Visual Studio Community®. El tiempo de procesamiento por tarjeta es de 0,07 centésimas de segundo, identificando que la imagen ideal debe tener 200dpi de resolución. Las imágenes digitalizadas de las tarjetas tienen un peso aproximado de 270 KB, tamaño ideal para publicarlo con su resultado, así garantizar la veracidad y confiabilidad. Finalmente se tiene un ítem de las discusiones de nuestros resultados a todo nivel, desde las técnicas aplicadas, hasta los tiempos de proceso.

Palabras clave: Binarización, calificación, óptico, optimización, patrones.

ABSTRACT

The implications of a qualification process, such as examinations or consultations, are based on the veracity of the results. Thus, the problem of creating a system based on key algorithms for the optical pattern recognition process arises. To it is added to the existing technological dependence such as digitally printed cards and their optical readers. These are enough reasons to propose efficient and reliable algorithms that allow not only to perform the recognition process but also to leave the great possibility of using the digitized to publish the card with the results obtained. Based on the quantitative methodology of experimental design, we resorted to techniques as simple as the determination of the angle between two points for the process of framing the card. Then, by the application and implementation of the Munshell chromatic scale algorithm until the adaptation of the Good Neighbor technique for the process of optical pattern recognition, based on the methodology of image recognition by recommendation of MathWork® with the support of the development tool Visual Studio Community®. The processing times per card is 0.07 hundredths of a second, identifying that the ideal image should have 200dpi resolution. The digitized images of the cards have an approximate weight of 270 KB, ideal size to publish it with its result, thus guaranteeing veracity and reliability. Finally, there is an item on the discussion of our results at all levels, from the techniques applied to the processing times.

Keywords: Binarization, grading, optical, optimization, pattern.

*Autor para correspondencia: fredy.villasante@unap.edu.pe

ORCID: [0000-0002-8859-9008](https://orcid.org/0000-0002-8859-9008)



INTRODUCCIÓN

Para el procesamiento de imágenes digitalizadas se sometieron a una serie de métodos y técnicas de tratamiento que inicia por la clasificación de texturas, donde se usó el método geométrico (Parker 2017), además en la representación de texturas complejas tenemos algunos modelos que presentan ventajas y limitaciones Julesz (2017); sin embargo el procesamiento de imágenes en el proceso para identificar patrones en objetos, usualmente conlleva un paso previo, y de gran importancia, que permita garantizar que los datos con los cuales la red neuronal será entrenada y le proporcionen un funcionamiento y una entrega de resultados adecuados (Gonzales & Woods 2016). Para la obtención de imágenes, son procesos que pueden realizarse con un escáner o cámara digital, las cuales son usualmente digitalizadas en formato RBG (red, green, blue) cuyos valores son representados el número de 8 bits y profundidad de 24 bits, lo que representa en $(2^8)^3=16\ 777\ 216$ colores que se pueden formar con la combinación de estos tres colores primarios (Sucar & Gómez 2011). Se resaltan los modelos perceptuales se enfocan en cómo se observan los objetos mediante la visión; entre estos modelos se encuentra el HSV (Hue, Saturation, Value, o Tono, Saturación, Valor), que se obtiene deformando el modelo RGB, de tal manera que se convierte en una pirámide hexagonal invertida (Kiver 2015). También se propone otro modelo perceptual que se basa en coordenadas polares en 3 dimensiones, obteniendo un espacio en forma de dos conos

unidos en una base denominada HSL (Hue, Level, Saturation) (Kiver 2015).

En el mundo del reconocimiento digital de objetos existe la necesidad de analizar y reconocer los diferentes tipos de texturas (La Serna *et al.* 2010; Puerto *et al.* 2017), así mismo podemos identificar tres texturas regulares para un plano así como una estructura tan regular y uniforme, por lo que es más adecuado describirlas en términos de modelos estadísticos (Aliev *et al.* 2018). Para esto se utilizan técnicas de reconocimiento estadístico de patrones (La Serna *et al.* 2010). Un primer método, relativamente simple, es utilizar el histograma de niveles de gris y caracterizarlo mediante sus momentos sosteniendo (Israel & Hondal 2017). Finalmente bajo la denominación de modelos espectrales, define que la amplitud de los picos prominentes da la dirección principal de los patrones en la textura, la localización de los picos en frecuencia indica el periodo espacial de los patrones y eliminando componentes periódicas mediante filtros en Fourier, se pueden dejar solo las componentes a-periódicas a las que se les aplica técnicas estadísticas (Forero-Cabrera *et al.* 2017).

En el proceso de segmentación o segregación de objetos en escenas en donde se aplica las técnicas de agrupamiento perceptual (Kimchi 2015), además existen varios principio o reglas heurísticas de las que se basan la percepción para agrupar elementos en contornos y regiones y entre otras tenemos proximidad, similitud, continuidad, cerradura, simetría y simplicidad

(Kimchi 2015). Sin embargo, mediante la proximidad, continuidad y similaridad se pueden aplicar con efectividad el agrupamiento de orillas en contornos y presencia de ruido (Kimchi 2015). Una de las principales técnicas usadas bajo la visión computacional es la segmentación donde se aplica el viejo adagio “divide y reinaras” (Costa *et al.* 2018). Además, existen varias técnicas para la segmentación de regiones. tipos: Estas se pueden clasificar en tres: Local. Este proceso, en un bajo nivel de percepción se podría identificar miles o millones de píxeles (Costa *et al.* 2018). Cabe resaltar que mediante la segmentación podemos tratarlo e identificarlo como regiones mediante la caracterización de la intensidad de los píxeles, textura, color, gradiente y profundidad relativa (De Armas *et al.* (2018). Finalmente, varias técnicas para la segmentación de regiones. tipos: Estas se pueden clasificar en tres: Locales, Globales y División (de Armas *et al.* 2018).

Como todo proceso de segmentación, podemos recurrir a diferentes técnicas, una de ellas la segmentación por histograma, donde la aplicación de esta técnica de segmentación se asume la existencia de al menos dos regiones de tal forma que todos los píxeles pertenecen a uno de los lados de las regiones (Canela (2019), evidentemente dependiendo de la complejidad del objeto se puede extender a N regiones (Gomez 2015), por ellos se recomienda aplicar esa técnica para objeto de “pocas” regiones, ya que se podría generar picos y valles en el histograma con pocas posibilidades de control o distinción (García 2018). Otra técnica

interesante es la segmentación por crecimiento de regiones que se basa en tomar un píxel o conjunto de píxeles, como una región inicial (semilla) y de ello crecer por toda la región hasta los límites permitidos (Canela 2019). También podemos identificar métodos relevantes en la tesis de Castrillo (2017) determinado por la búsqueda en espacio de estados generando un “estado discreto”, donde cada píxel es una región distinta donde se toman inicialmente las orillas obtenidas por cierto detector de orillas, incluyendo su magnitud y dirección (Leal 2017). Entonces se eliminan orillas de acuerdo a ciertos criterios, formando regiones mayores luego los procesos de crecimiento de regiones por eliminación de orillas detectadas en una imagen las cuales delimitan dos regiones quedando solamente una región que nos interese (Gomez 2015). Sin embargo los métodos basados en grafos que es una representación gráfica de las regiones y sus relaciones (regiones vecinas) denominada grafo de vecindad de regiones (Castañeda (2017), además se utiliza el grafo de vecindad y su dual para el agrupamiento de regiones y la segmentación por división-agrupamiento, es la combinación de técnicas globales-división y técnicas globales-agrupamiento, se parte de una segmentación inicial obtenida por medio de las orillas, también de cómo se agrupan o dividen regiones (Castañeda 2017), este método nos sirve como base cuando se desea segmentar cierta región de interés (Toro 2015), para ello se toma un nivel esperado de gris de dicha región, el cual puede ser estimado del histograma y al mismo tiempo las medidas de cercanía al nivel esperado y de homogeneidad de la región, se

basan en el uso de las estadísticas, como el promedio (μ) y desviación estándar (σ) (Espín *et al.* 2015).

De principio la imagen se estructura en una forma piramidal, de forma que cada posible región (cuadrante) está formada de 4 subregiones (Toro 2015). Para ello se representa la imagen a diferentes resoluciones, desde cierta resolución máxima hasta cierta resolución mínima, luego de la aplicación de su algoritmo, se obtiene una segmentación de n -regiones contiguas (Sucar & Gómez 2011). Finalmente tenemos la aplicación mediante sistemas expertos en el proceso de segmentación de finido por Cotos *et al.* (1998) donde la semántica se hace presente como una técnica más sofisticada basados en la representación explícita del conocimiento a la cual llamamos sistemas basados en conocimiento o sistemas expertos cuyas características conlleva a lograr un sistema de segmentación más flexible y robusto sustentado (Dávila 2015).

El objetivo del presente trabajo de investigación fue desarrollar e implementar un sistema de reconocimiento de patrones ópticos digitalizados para los procesos de calificación en general.

MÉTODOS

Ámbito o Lugar de Estudio

La investigación se realizó en la ciudad de Puno, Perú, ubicado en los 15°50'00" latitud sur y 70°02'00" longitud oeste, a una altitud de 3810 msnm.

Descripción de Métodos

Considerando las características de la investigación, posee un enfoque cuantitativo por representar un conjunto de procesos secuenciales y probatorios, donde cada etapa precede a la siguiente y no podemos eludir pasos.

Tipo de investigación

En relación al diseño de la investigación, trabajamos bajo un diseño experimental porque tenemos la necesidad de manipular intencionalmente la variable principal para analizar sus posibles resultados y esto dentro de una acepción particular del término experimento que refiere a un estudio en que se manipula intencionalmente una o más variables independientes, en nuestro caso la variable ficha o tarjeta, para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre la variable dependiente, en nuestro caso archivo de resultados.

Etapas de la investigación

La investigación se realizó bajo las siguientes etapas:

- Marcado manual de las fichas ópticas a digitalizar
- Captura digitalizada de las fichas en formato .jpg (Joint Photographic Experts Group) que, por sus características en peso y portabilidad garantizan la compatibilidad con muchas aplicaciones.
- Migración de las fichas digitalizadas al sistema de reconocimiento.

- Procesamiento de las fichas
- Reconocimiento de patrones
- Resultados

Procesamiento de resultados

Basado en la aplicación de la metodología de procesamiento de imágenes por la recomendación de MathWorks®, consideramos que es la más adecuada y exitosa. La misma que logra establecer el mejor resultado a la investigación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de digitalización de patrones ópticos, fue validado por una serie de algoritmos como la generación de patrones de referencia, formato, resolución recomendada, conversión a escala de grises, binarización, definición de sectores a digitalizar y llegar al proceso de calificación y evaluación de resultados de los algoritmos que representó el proceso final de la validación del trabajo de investigación, teniendo como evidencia los archivos finales en texto plano.

Patrón de referencia

Considerado como la ficha que será sujeto de digitalización, la misma que puede ser pre impresa en cualquier material (digital, offset y/o doméstica). Para el proceso se usó fichas con impresión digital (usadas por la UNA Puno) y fichas diseñadas e impresas domésticamente (impresoras de uso doméstico) (Figura 1).

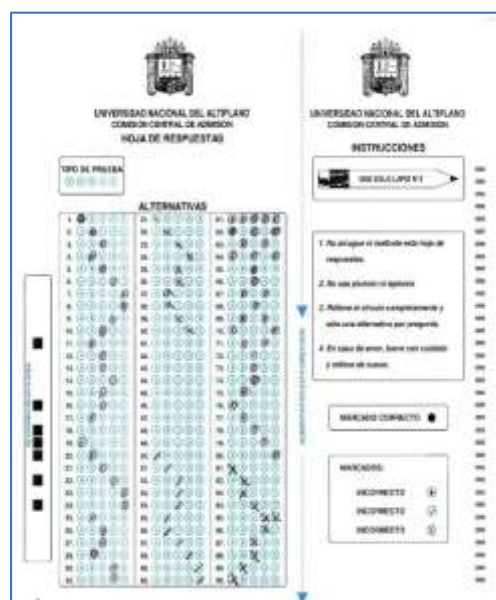


Figura 1. Modelo de impresión digital.

Para el procesamiento de imágenes digitalizadas se sometieron a una serie de métodos y técnicas de tratamiento que inicia por la clasificación de texturas, donde se usó el método geométrico (Parker 2017), además en la representación de texturas complejas tenemos algunos modelos que presentan ventajas y limitaciones (Julesz (2017); sin embargo el procesamiento de imágenes en el proceso para identificar patrones en objetos, usualmente conlleva un paso previo, y de gran importancia, que permita garantizar que los datos con los cuales la red neuronal será entrenada y le proporcionen un funcionamiento y una entrega de resultados adecuados (Gonzales & Woods 2016). Para la obtención de imágenes, son procesos que pueden realizarse con un escáner o cámara digital, las cuales son usualmente digitalizadas en formato RGB (red, green, blue) cuyos valores son representados el número de 8 bits y profundidad de 24 bits, lo que representa en $(2^8)^3=16\ 777\ 216$ colores que se pueden

formar con la combinación de estos tres colores primarios (Sucar & Gómez 2011).

Resolución

Luego de la prueba de migración y facilidad de tratamiento de la imagen escaneada se eligió el de 200dpi, el mismo que garantiza el tratamiento para el proceso de digitalización por parte de nuestro sistema, también una de las razones relevantes fue el tiempo de proceso de las 500 fichas (Figura 2).

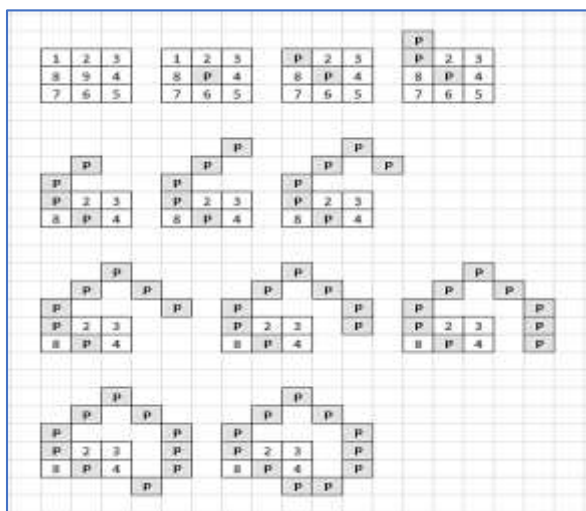


Figura 2. Algoritmo de reconocimiento.

El proceso de segmentación o segregación de objetos en escenas en donde se aplica las técnicas de agrupamiento perceptual (Kimchi 2015), además existen varios principio o reglas heurísticas de las que se basan la percepción para agrupar elementos en contornos y regiones y entre otras tenemos proximidad, similaridad, continuidad, cerradura, simetría y simplicidad (Kimchi 2015).. Una de las principales técnicas usadas bajo la visión computacional es la segmentación donde se aplica el viejo adagio

“divide y reinaras” (Costa *et al.* 2018). Respaldo la técnica aplicadas, en los procesos de digitalización, muchos de las investigaciones se como la de Aranzábal & Barrientos (2018) orientan a la aplicación de técnicas de reconocimiento óptico de caracteres como es el caso también de Ortiz (2018) donde aplica el algoritmo k-nearest neighbors (K-NN) o de los k-vecinos más próximos en el proceso de digitalización de caracteres en el registro y estructuración de información clínica, bajo la mismo criterio hicimos las modificaciones necesarias para nuestro proceso de reconocimiento de patrones y llegamos a la misma conclusión que este algoritmo kNN demuestra un gran potencial y el nuestro bajo la denominación de El buen vecino, validamos esa aseveración.

Encuadre

En relación al encuadre, lo denominamos así al proceso de colocar en la orientación correcta, esto nos permitió optimizar el proceso de reconocimiento mediante el algoritmo necesario implementado.

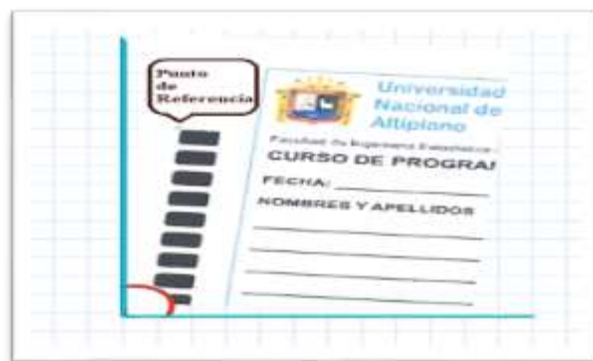


Figura 3. Posible escaneo erróneo.

La Serna *et al.* (2010) nos indica que, en el mundo del reconocimiento digital de objetos existe la necesidad de analizar y reconocer los diferentes tipos de texturas (Puerto *et al.* 2017), así mismo podemos identificar tres texturas regulares para un plano como afirman Aliev *et al.* (2018) se consideran que muchas texturas no tienen una estructura tan regular y uniforme, por lo que es más adecuado describirlas en términos de modelos estadísticos. Para esto se utilizan técnicas de reconocimiento estadístico de patrones. Un primer método, relativamente simple, es utilizar el histograma de niveles de gris y caracterizarlo mediante sus momentos sosteniendo (Israel & Hondal 2017). Finalmente Forero-Cabrera *et al.* (2017) bajo la denominación de modelos espectrales, define que la amplitud de los picos prominentes da la dirección principal de los patrones en la textura, la localización de los picos en frecuencia indica el periodo espacial de los patrones y eliminando componentes periódicas mediante filtros en Fourier, se pueden dejar solo las componentes a-periódicas a las que se les aplica técnicas estadísticas.

Proceso de limpieza

El propósito de la identificación del Umbral de Referencia es con la finalidad de identificar el inicio de las marcas definidas en cada sector o grupo (por ejem. DNI, aula, tipo de prueba y respuestas) las cuales se desplazarán en forma horizontal o por fila, además incluye la limpieza y validación de las marcas, que está en función al porcentaje de marcado y así garantizar la columna válida (Figura 4).

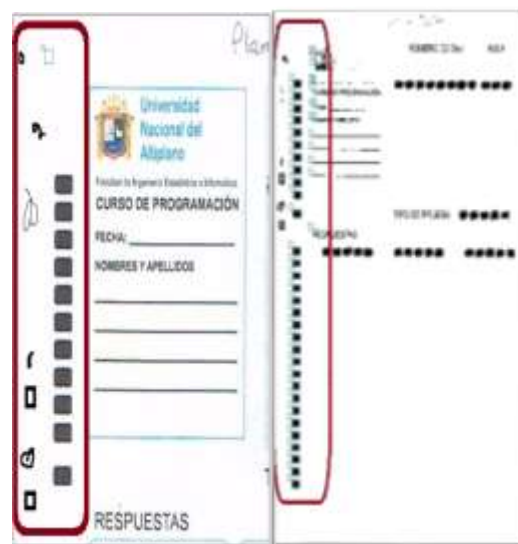


Figura 4. Proceso de limpieza.

Para la obtención de imágenes, son procesos que pueden realizarse con un escáner o cámara digital, las cuales son usualmente digitalizadas en formato RBG (red, green, blue) cuyos valores son representados el número de 8 bits y profundidad de 24 bits, lo que representa en $(2^8)^3=16\,777\,216$ colores que se pueden formar con la combinación de estos tres colores primarios (Sucar & Gómez 2011). En el libro de Kiver (2015) resalta los modelos perceptuales se enfocan en cómo se observan los objetos mediante la visión; entre estos modelos se encuentra el HSV (Hue, Saturation, Value, o Tono, Saturación, Valor), que se obtiene deformando el modelo RGB, de tal manera que se convierte en una pirámide hexagonal invertida y Castleman (1996) nos propone otro modelo perceptual que se basa en coordenadas polares en 3 dimensiones, obteniendo un espacio en forma de dos conos unidos en una base denominado HSL (Hue, Level, Saturation).

Continuamos con el proceso de identificación del patrón, para ello es definir las filas a considerar (Figura 5).

Figura 5. Identificación de filas validadas

En el libro de Kiver (2015) resalta los modelos perceptuales se enfocan en cómo se observan los objetos mediante la visión; entre estos modelos se encuentra el HSV (Hue, Saturation, Value, o Tono, Saturación, Valor), que se obtiene deformando el modelo RGB, de tal manera que se convierte en una pirámide hexagonal invertida y Castleman (1996) nos propone otro modelo perceptual que se basa en coordenadas polares en 3 dimensiones, obteniendo un espacio en forma de dos conos unidos en una base denominado HSL (Hue, Level, Saturation).

Definición y lectura de los sectores del patrón

Para la fase inicial de reconocimiento, es preciso aclarar que los algoritmos propuestos expresados a través de los diferentes módulos,

se procede mediante la reconstrucción de la ficha, esto consiste en tomar como plantilla master y mediante el módulo de reconocimiento se reconstruye dicha plantilla (ficha) de tal forma que se logra uniformizar la ficha en su forma, tamaño y resolución (Figura 6).

Figura 6. Proceso de reconstrucción.

Respecto al proceso de reconocimiento, otro trabajo de investigación interesante es el uso de la técnica OCR que, bajo el correcto entrenamiento aplicado por Carvajal (2018) logró el reconocimiento de patentes en Chile o cualquier patente a nivel mundial, sin embargo para el proceso de entrenamiento debe tener un banco de al menos 3000 imágenes, mientras que nuestra propuesta aplica técnicas directas que no necesitan entrenamiento, tan solo pruebas iniciales en relación al formato, tamaño y resolución de la imagen a digitalizada a reconstruir para el proceso de reconocimiento de patrones.

Reconocimiento

Finalmente, el módulo de reconocimiento de tarjetas se procede a elegir la carpeta donde se encuentran todas las tarjetas sujetas a realizar su reconocimiento óptico de patrones con fines de calificación mediante el siguiente módulo (Figura 7):



Figura 7. Módulo de reconocimiento óptico de patrones.

De principio la imagen se estructura en una forma piramidal, de forma que cada posible región (cuadrante) está formada de 4 subregiones (Toro 2015). Para ello se representa la imagen a diferentes resoluciones, desde cierta resolución máxima hasta cierta resolución mínima, luego de la aplicación de su algoritmo, se obtiene una segmentación de n-regiones contiguas (Sucar & Gómez 2011).

Como resultado final el archivo de resultados contiene la información final del proceso de reconocimiento óptico de patrones, se podrá identificar que cada fila contiene la información necesaria de cada ficha procesada, datos como: código del proyecto, orden correlativo de reconocimiento, fecha, estado de lectura,

campos definidos (dni, aula, tipo de prueba, respuestas) y las respuestas marcadas (Figura 8).



Figura 8. Archivo de resultados del proceso de reconocimiento óptico de patrones.

Finalmente, como bien lo indica Chancafe & Mazabel (2016) la salud no está ajeno a la digitalización, donde aplican técnicas de segmentación de imágenes en una placa radiográfica para la detección de caries, resaltando básicamente la demora de procesamiento en milisegundos y en ello coincidimos puesto que nuestro algoritmo también optimiza el tiempo de procesamiento las fichas a calificar en la fase de reconocimiento en milisegundos así como El reconocimiento de placas vehiculares se manifiesta en la investigación de Tasiguano & Corrales (2016) que, para lograr el reconocimiento enfatizan el uso de la cámara con filtro IR sometiéndolo a variaciones de luz y cambios climáticos y comprueba que no altera el funcionamiento de su algoritmo al momento de la búsqueda de patrones de caracteres OCR, en nuestro caso respecto al dispositivo de captura o cámara utilizada, no necesita de filtro alguno y evidentemente se recomienda que la fase de captura o digitalización se haga en las mejores condiciones de luz y hasta cierto punto

con cualquier cámara que ofrezca nitidez y al menos una resolución de 200dpi.

CONCLUSIONES

Dada la complejidad del sistema de reconocimiento, se logró cumplir con la identificación de los procesos necesarios como la creación e implementación del algoritmo del Buen Vecino, el cual permitió digitalizar y transformar las tarjetas a objetos reconocibles y poder transformar a campos con contenido de tipo texto plano. Un paso relevante era la transformación de imágenes a full color a escala de grises y de ello a la binarización, logrando ello mediante la aplicación de la escala cromática de Munshell y estableciendo que la escala mayor o igual a 4, es el parámetro mínimo óptimo para lograr proceso de reconocimiento. En relación a los formatos, se comprobó que la resolución óptima para garantizar el proceso de reconocimiento es de 200dpi. En cuanto a los tiempos de reconocimiento, después de varias pruebas se logró estimar el tiempo promedio de reconocimiento por tarjeta y es de 0,075 segundos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. Programa académico de Ingeniería Estadística e Informática y su Unidad de Posgrado y a mi familia.

CONFLICTO DE INTERÉS

El autor de iniciales FHVS, no tiene conflicto de intereses de ninguna índole

REFERENCIAS

- Aliev, M., Ershov, E. I., Nikolaev, D. P. 2018. On the use of FHT, its modification for practical applications and the structure of Hough image. ArXiv, 1–8. <https://doi.org/10.1117/12.2522803>
- Aranzábal, H. E. C., Barrientos, W. G. P. 2018. Sistema de digitalización y estructuración de información clínica con técnicas de reconocimiento óptico de caracteres y procesamiento del lenguaje natural. undefined-undefined. https://www.mendeley.com/catalogue/bce44428-d201-3d23-8ea0-bd900a24aed6/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.8&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B734d2930-2812-461c-9a31-d58cd221165d%7D
- Canela, E. 2019. Proyecto Fin de Máster Máster Universitario en Ingeniería Electrónica , Robótica y Automática Entorno interactivo MATLAB para análisis de texturas mediante histograma de orientaciones de gradiente [Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/95180>
- Carvajal, B. 2018. Reconocimiento fotográfico de patentes. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

- Castañeda, L. 2017. Método de búsqueda en espacio de estados. Universidad Nacional de Trujillo.
- Castrillo Leal, Y. 2017. Evaluación de técnicas de segmentación de imágenes de ultrasonido por crecimiento de regiones /. <Http://Biblioteca.Utb.Edu.Co/Notas/Tesis/0072989.Pdf>, 39. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/1724#.XyMwbpATwNg.mendley>
- Chambi, E. 2016. Reconocimiento y detección biométrico basado en imágenes de huellas digitales [Universidad Nacional del Altiplano]. In Tesis. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6247>
- Dávila, R. M. A. 2015. Introducción a los Sistemas Expertos. Revista de Ciencia y Tecnología, 909–920. <http://www.redcientifica.com/doc/doc199908210001.html>
- de Armas Costa, R. J., Quintero Torres, S. V., Acosta Muñoz, C., Rey Torres, C. C. G. 2018. La transformada de Radon aplicada a la segmentación de imágenes digitales en escala de grises. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 17(32), 213–227. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a10>
- EcuRed. 2021. JPG. <https://www.ecured.cu/JPG>
- Espín, N., Castillo, F., García, F., Sarría, F. 2015. Comparación de Métodos de Clasificación de Imágenes de Satélite. Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles, 67, 327–347.
- Forero-Cabrera, N. M., Camacho-Tamayo, J. H., Ramírez-López, L., Sanabria, Y. R. 2017. Evaluación de textura del suelo con espectroscopia de infrarrojo cercano en un oxisol de Colombia. Colombia Forestal, 20(1 SE-Artículos de investigación científica y tecnológica). <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.1.a01>
- García, S. 2018. Adaptativa de imágenes umbralización basada en histogramas espacio – color Autor: Silvia García Tutor: José. Gimp.org. 2020. GIMP. <https://docs.gimp.org/2.10/es/>
- Gomez, J. 2015. TIBES: Tutor Interactivo de técnicas de Búsqueda en Espacio de eEstados. UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA.
- Herrera, M. 2015. Análisis de la composición cromática en el tejido residencial de la ciudad de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid.
- Israel, R., Hondal, P. 2017. Modelación estadística de la textura del clutter marino en Matlab. Tecnura, 21, 13–32. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/2487638.11708>
- José Manuel Cotos Yáñez, Juan Enrique Arias Rodríguez, Joaquín Ángel Triñanes Fernández, J. M. T. P. 1998. Segmentación de imágenes LANDSAT-TM por medio de un sistema experto.

- Reunión Científica de La Asociación Española de Teledetección, V, 687–694.
- Julesz, B. T. 2017. The elements of texture perception, and their interactions. *Nature*, 290.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/290091a0>
- Kimchi, R. 2015. Organización perceptual. *Introducción a La Psicología*, 142.
<https://books.google.co.cr/books?id=PLDQoRgu5ZYC&pg=PP160&dq=ORGANIZACIÓN+PERCEPTUAL&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi4oOyHr8jqAhXkQd8KHXNUCrEQuwUwAHoECAMQCA#v=onepage&q=ORGANIZACIÓNPERCEPTUAL&f=false>
- Kiver, M. 2015. *Color Television Fundamentals* (First Edit). McGraw-Hill.
- La Serna Palomino, N. (2010). *Digital image processing* (1st Editio). Prentice Hall.
- MathWorks. 2021. *Procesamiento de Imágenes y Visión Artificial con MATLAB*.
<https://la.mathworks.com/videos/image-processing-and-computer-vision-with-matlab-1597884648964.html>
- Mazabel, Guillermo. Chancafe, J. 2016. Detección Automática de Caries utilizando reconocimiento de patrones en placas radiográficas [Universidad Señor de Sipan].
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/163terms/mlt553321/?rr=https%3A%2F%2Fwww.google.com.pe%2F>
- Ortiz, L. 2018. Análisis de algoritmos para el reconocimiento automático de caracteres manuscrito antiguos [Universidad Señor de Sipan].
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/4663>
- Parker, J. 2017. *Algorithms for Image Processing and Computer Vision* (Second Edi). Wiley publishing.
- Polysistemas - Gestión documental omnicanal. 2021. Digitalización.
<https://polysistemas.com/soluciones/digitalizacion/>
- Puerto Cuadros, Eduard Gilberto, Aguilar Castro, J. L. 2017. Un Algoritmo Recursivo de Reconocimiento de Patrones. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*, 40.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702017000200005
- Sucar, L. y Gómez, G. 2011. *Visión Computacional* (Ó. y E. Instituto Nacional de Astrofísica (ed.)).
- Tasiguan, C. 2016. Desarrollo de algoritmos de reconocimiento de placas de vehículos. *Ristian y Corrales, Luis, May*, 5–10.
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3867>
- Toro, L. 2015. *Técnicas y Algoritmos Básicos de Visión Artificial*.
- Microsoft. 2017. *Visual Studio. Términos de la licencia de software de microsoft*.
<https://visualstudio.microsoft.com/es/license->